

PAT-NO: JP02001025464A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001025464 A
TITLE: METHOD FOR ANALYZING INDIVIDUAL FACIAL EXPRESSION DEFORMATION PROCESS

PUBN-DATE: January 30, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TSUTA, NORIO	N/A
IWAMOTO, TAKESHI	N/A
FUJIMURA, TOMOHIRO	N/A
TOZAKI, NOBUYUKI	N/A
KANEKO, OSAMU	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SHISEIDO CO LTD	N/A

APPL-NO: JP2000136163

APPL-DATE: May 9, 2000

PRIORITY-DATA: 11132922 (May 13, 1999)

INT-CL (IPC): A61B005/117 , G06F017/12 , G06T017/40

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for simply and automatically analyzing a facial expression deformation process of the face of an optional model with a computer on an individual basis.

SOLUTION: By constituting a sample of a finite element model by dividing a representative structure of facial muscles and skin into finite elements, automatically measuring and incorporating shape

measurements of a face of an individual person as typical point data by an artificial visual device, and giving the coordinates of a plurality of representative points 31 to 43 thus obtained to the sample of the finite element model, an individual finite element model is generated. By giving time series data of the contraction percentage β of muscles at the time of facial expression deformation to a generated finite element model, and by applying these to a computer system equipped with the function of analyzing achievement of the muscles and skin combining the function of analyzing finite elements based on an active and passive incremental constitutive equation of the facial muscles and the function of analyzing finite elements of a superelastic finite deformed body for computation facial expression deformation is reproduced by an FEM model.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-25464
(P2001-25464A)

(43) 公開日 平成13年1月30日 (2001.1.30)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード (参考)
A 6 1 B 5/117		A 6 1 B 5/10	3 2 0 B
G 0 6 F 17/12		G 0 6 F 17/12	
G 0 6 T 17/40		G 0 6 T 17/40	A

審査請求 未請求 請求項の数1 OL (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-136163 (P2000-136163)

(22) 出願日 平成12年5月9日 (2000.5.9)

(31) 優先権主張番号 特願平11-132922

(32) 優先日 平成11年5月13日 (1999.5.13)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

特許法第30条第1項適用申請有り 1998年11月13日 社団法人日本機械学会発行の「第11回計算力学講演会講演論文集」に発表

(71) 出願人 000001959

株式会社資生堂

東京都中央区銀座7丁目5番5号

(72) 発明者 葛 紀夫

広島県東広島市鏡山一丁目四番一号 広島大学工学部内

(72) 発明者 岩本 剛

広島県東広島市鏡山一丁目四番一号 広島大学工学部内

(74) 代理人 100077517

弁理士 石田 敬 (外4名)

最終頁に続く

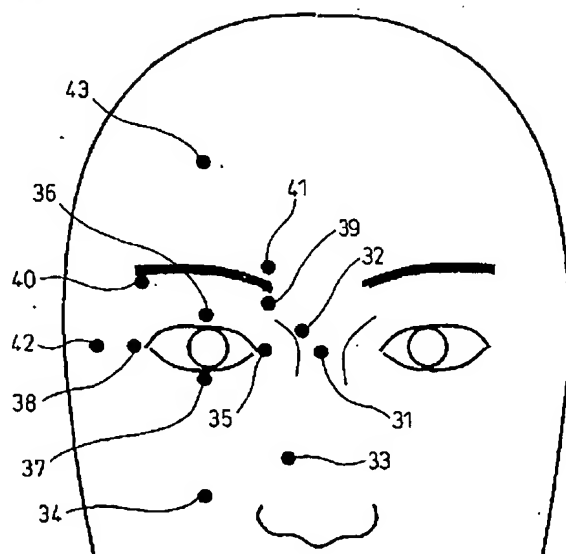
(54) 【発明の名称】 個人別表情変形過程の解析方法

(57) 【要約】

【課題】 表情変形過程を個人別に解析する。

【解決手段】 顔の筋とヒフの代表的な構造を有限要素に分割して有限要素モデルのひな形を構築し、個々の人間の顔の形状測定を人工視覚装置により代表点データとして、自動計測して取込み、これにより得られた複数の代表点31~43の座標を有限要素モデルのひな形に与えて個人別の有限要素モデルを生成する。生成された有限要素モデルに表情変形の際の筋の収縮率 β の時系列データを与えて、これらを表情筋の能動型・受動型増分構成方程式に基づく有限要素解析を具備する機能と、ヒフの超弾性有限変形体の有限要素解析機能を併せた筋とヒフの達成解析機能を具備するコンピュータ・システムに適用して計算することにより、表情変形をFEMモデルで再現する。

図 2



【特許請求の範囲】

【請求項1】 顔の筋およびヒフの代表的な構造を有限要素に分割して有限要素モデルのひな形を構築し、個々の人間の顔の形状測定により得られた複数の代表点の座標および変形過程のそれらの座標値の変化を該有限要素モデルのひな形に与えて個人別の顔の有限要素モデルを生成すると共に、

上記代表点の時刻歴データから表情変形の際の刻々の筋の収縮率が与えられるようにした上で、これらを生成された個人別有限要素モデルに与える事によって、表情筋の能動型・受動型増分構成方程式に基づく有限要素解析を具備する機能と、ヒフの超弾性有限変形体の有限要素解析機能を併せた筋とヒフの達成解析機能を具備するコンピュータ・システムにこれを適用して表情変形過程の変形やひずみ、応力を計算するステップを具備する個人別筋とヒフの表情変形および表情応力過程の解析方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、顔の表情変形、表情応力過程を個人別に解析する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】人間の表情は表情筋の収縮によりそれを覆うヒフの変形となって顔表面に現れる。表情筋は約30前後あり、その筋収縮の選択的組み合わせによりその上に層を成すスキナー皮下組織系を変形させて喜怒哀楽の種々の表情を形成している。“李美成他、日本機械学会第10回バイオエンジニアリング講演会講演論文集、98-1、p160~161”には、有限要素法の手法に従って、表情筋の収縮にともなうヒフの表情変形をコンピュータによりシミュレートする、表情筋-ヒフ軟組織系の超弾性有限変形体有限要素解析システムHYEL-MUSCLシステムが記載されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、上記のシステムを用いて、任意のモデルの顔の表情変形過程を個人別に簡便に、自動的にコンピュータ解析する方法を提供することにある。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、顔の筋およびヒフの代表的な構造を有限要素に分割して有限要素モデルのひな形を構築し、個々の人間の顔の形状測定により得られた複数の代表点の座標を該有限要素モデルのひな形に与えて個人別の顔の有限要素モデルを生成し、生成された個人別有限要素モデルに、表情変形に伴う代表点の座標の変化からの筋の収縮率が求まるようにして、これらを筋の増分型剛性方程式およびヒフの増分型剛性方程式を組合せた筋-ヒフ連成有限要素解析システムにこれを適用して表情変形過程の顔面各点の筋やヒフの変位、ひずみや応力を計算するステップを具備する個人別表情変形過程の解析方法が提供される。

【0005】

【発明の実施の形態】図1は眼の周囲にある各種の筋肉を示す。図1において、10は眼輪筋、12は前頭筋、14は皺眉筋、15は鼻根筋、16は上唇鼻翼挙筋、18は上唇挙筋、20は口角挙筋、22は小頬骨筋、24は大頬骨筋である。眼の周囲には、図1に示すような、各種筋肉が、眼を囲むように存在し、これらの筋肉の選択的収縮により、眼の開閉を始めとする、複雑な表情の形成を可能にしている。

【0006】前述の筋-ヒフ連成系の超弾性有限変形体有限要素解析プログラムHYEL-MUSCLに使用する、眼縁系の有限要素モデルを自動生成するプログラムについて説明する。これまで、口縁フルモデル、また眼縁系については、眼輪筋1/4対象モデルや、眼輪筋フルモデルの有限要素モデルを生成し、それを用いて表情解析をしてきたが、これらのモデルでは眼や口の周りの複雑な表情変形の解析を行うことが困難であり、さらに、個人別の表情解析も出来なかった。また、眼開閉口過程においても、眼輪筋だけでなく、眼輪筋を取り巻く各種放射筋（前頭筋など8種類）の影響も大きく、眼縁系の表情のシミュレーションのためには、これらの各種放射筋も考慮しなければならない。そこで、本発明の一実施形態では、眼輪筋フルモデルの有限要素モデルに各種放射筋を付着させた、眼縁系表情筋-ヒフのFEM自動メッシュ生成システムが構築される。プログラムの概要は以下の通りである。

【0007】(a)筋、ヒフについて、それぞれ2次元8節点四辺形アイソパラメトリック要素を用いる。

(b)眼の中心に原点を取り、眼の長径方向にx軸、短径方向にy軸、ヒフの厚み方向にz軸を取る。

(c)眼の長さ・各種筋肉の付着位置・計算領域について、人工視覚装置AV-DAVISで取り込んだ個人別顔面代表点の三次元座標データ（図2）とひな形メッシュデータとを組み合わせることにより、個人別の筋とヒフのメッシュデータを生成する。

【0008】(d)筋・ヒフの要素分割数を自由に設定できる。

(e)入力データにより、筋・ヒフの分割数、目尻・目頭付近の要素の大きさを自由に設定できる。

(f)このモデルでは、眼輪筋・前頭筋・皺眉筋・鼻根筋の存在する領域では、筋肉とヒフは独立要素を構成しているが、節点を共有している。

【0009】(g)複数の筋束が重なり合うような領域では、それぞれ独立の要素を構成しているが、節点を共有している。

(h)筋束の方向は、筋要素のそれぞれについて定められる。

(i)このFEM自動メッシュ生成システムは個人別の表情解析を目的としている。そこで、個人々々によって異なる眼の大きさ、筋付着位置などは、人工視覚装置A

V-DAVIS、US超音波計測などから個人別の入力データを作成し、それを基に個人別のFEM（有限要素法）メッシュデータを作成できる。

【0010】例えば、図2において、代表点31、34、42、43の座標によりシミュレーション領域が決定される。代表点35、36、37、38の座標により右眼位置が決定される。代表点32、33の座標により鼻根筋15（図1）の付着位置が決定される。代表点39、40、41の座標により皺眉筋14の付着位置が決定される。

【0011】（j）眼輪筋については、眼開口中心から見た第一象限～第四象限それぞれについて、代表点入力データより、楕円で近似し、ヒフと共通の節点を持たせ、要素分割する。

（k）鼻根筋、皺眉筋については、代表点入力データによりヒフ要素上に近似的に付着させ、ヒフ要素と共通の節点を持たせる。

（l）前頭筋については、ひな形メッシュデータから眼輪筋の最外要素との付着位置を定め、ヒフ要素上に近似的に付着させ、ヒフ要素と共通の節点を持たせる。

【0012】（m）大頬骨筋、小頬骨筋、口角挙筋、上唇挙筋、上唇鼻翼挙筋については、ひな形メッシュデータから眼輪筋の最外要素との付着位置、筋束方向を定め、この眼輪筋の最外要素と共通の節点を持たせる。図

3は上記のプログラムにより自動生成された個人別FEMデータの一例を示す。また、図4には、FEMモデルにおける前頭筋12、皺眉筋14、鼻根筋15、上唇鼻翼挙筋16、口角挙筋20、上唇挙筋18、小頬骨筋22及び大頬骨筋24の領域を太線で示す。

【0013】次に、前述の筋-ヒフ連成系の超弾性有限変形体有限要素プログラムHYEL-MUSCLにおいて使用される増分型剛性方程式の一例について説明する（詳細については、蔦紀夫他、広島大学研究報告、4

10 6、p59-71参照）。筋の部分の有限要素に対して適用される筋の増分型剛性方程式は例えば次の（1）式により与えられる。

【0014】また、ヒフの部分の有限要素に対して適用される増分型剛性方程式は、例えば次の式（3）により与えられる。式（1）と式（3）を顔面対象部の筋とヒフについて求めて、これらを実際の結合状態に合わせて連成させれば、特定の表情筋の収縮により、筋やヒフに生じる増分変位が求まる。この結果を式（2）-1と式（2）-2に用いれば、筋の増分ひずみや増分能動応力、増分受動応力が求められ、また式（2）-1にヒフの増分変位を与え式（4）に用いればヒフの増分ひずみや増分応力が求められる。

【数1】

$$[K] \begin{Bmatrix} \Delta \bar{u} \\ \Delta h \end{Bmatrix} = \{\Delta p_s\} + \{\Delta p\} + \{R\} \quad (1)$$

ただし、

$$\begin{aligned} [K] &= \int_V \begin{bmatrix} \hat{B}^T B^T & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T^{-1} \Delta D^T T & D_{,v} \\ D_{,v} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B \hat{B} & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} dV \\ &\quad + \int_s \begin{bmatrix} (\hat{B})^T [T]^{-1} \{s_{i,j}\} [T] & (\hat{B}) & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} dV \\ \{\Delta p_s\} &= \int_V [\hat{B}^T B^T] [T]^{-1} \{\Delta D_i^s\} [T] \{\Delta E_{s,k}\} dV \\ \{\Delta p\} &= \int_s [N]^T \{\Delta T_{0,i}^s\} ds + \int_V [N]^T \{\Delta F_{0,i}^s\} dV \\ \Delta D^T &= \Delta D_i^T + \Delta D_j^T, \{s_{i,j}\} = \{S_{i,j}^s\} + \{S_{i,j}^v\} \\ \Delta D_i^T &= \sum_{j=1}^3 \Delta D_{ij}^T, \Delta D_j^T = \sum_{i=1}^3 \Delta D_{ij}^T \\ \Delta D_{ij}^T &= \frac{\partial D_{ij}^T}{\partial \beta} \Delta \beta, \Delta D_{ij}^T = \frac{\partial D_{ij}^T}{\partial E_{1,1}} \Delta E_{1,1}, \Delta D_{ij}^T = \frac{\partial D_{ij}^T}{\partial E_{1,2}} \Delta E_{1,2}, \Delta D_{ij}^T = D_{ij}^T \quad (2) \\ \Delta D_{ij}^T &= \frac{\partial D_{ij}^T}{\partial E_{1,1}} \Delta E_{1,1}, \Delta D_{ij}^T = D_{ij}^T, D_{,v} = \frac{\partial I_s}{\partial E_{1,1}} \end{aligned}$$

上式中Nは形状関数であり、またhは要素内で一定とした。 $[\hat{B}]$ と $[B]$ はそれぞれ次式で表せる。

$$[\hat{B}] = \begin{bmatrix} \frac{\partial N_k}{\partial x_1} \frac{\partial N_k}{\partial x_2} \frac{\partial N_k}{\partial x_3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{\partial N_k}{\partial x_1} \frac{\partial N_k}{\partial x_2} \frac{\partial N_k}{\partial x_3} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\partial N_k}{\partial x_1} \frac{\partial N_k}{\partial x_2} \frac{\partial N_k}{\partial x_3} & 0 \end{bmatrix}^T$$

$$[B] = \begin{bmatrix} 1 + \frac{\partial u_1}{\partial x_1} & 0 & 0 & \frac{\partial u_2}{\partial x_1} & 0 & 0 & \frac{\partial u_3}{\partial x_1} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial u_1}{\partial x_2} & 0 & 0 & 1 + \frac{\partial u_2}{\partial x_1} & 0 & 0 & \frac{\partial u_3}{\partial x_2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial u_1}{\partial x_3} & 0 & 0 & \frac{\partial u_2}{\partial x_3} & 0 & 0 & 1 + \frac{\partial u_3}{\partial x_3} \\ 0 & 1 + \frac{\partial u_1}{\partial x_1} & 0 & 1 & \frac{\partial u_2}{\partial x_1} & 0 & 0 & \frac{\partial u_3}{\partial x_1} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial u_1}{\partial x_2} & 0 & 0 & 1 + \frac{\partial u_2}{\partial x_2} & 0 & 1 & \frac{\partial u_3}{\partial x_2} \\ \frac{\partial u_1}{\partial x_3} & 0 & 1 & \frac{\partial u_2}{\partial x_3} & 0 & 0 & 1 + \frac{\partial u_3}{\partial x_3} & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

【数2】

式(1)から筋系の増分節点変位 $\{\Delta \bar{u}\}$ が求められると筋のグリーンひずみは増分形で次式により求められる。

$$\Delta E_{ij} = \frac{1}{2} \left\{ \frac{\partial \Delta u_i}{\partial X_j} + \frac{\partial \Delta u_j}{\partial X_i} + \frac{\partial u_k}{\partial X_i} \frac{\partial \Delta u_k}{\partial X_j} + \frac{\partial \Delta u_k}{\partial X_i} \frac{\partial u_k}{\partial X_j} \right\} \quad (2) - 1$$

ここに、 Δu_i ($\{\Delta u_i\} = \{N\} \{\Delta \bar{u}\}$) は変位増分である。この結果を用いて、増分ステップnでの筋の増分応力 $\{\Delta S^n\}$ は次式により求められる。

$$\begin{aligned} \{\Delta S_{ij}\} &= \{\Delta S_{ij}^s\} + \{\Delta S_{ij}^p\} \\ &= \left[\sum_{i=1}^3 \Delta D_i^s \right] \{E_{ij}^{s-1} + \Delta E_{ij}^s\} - \{\delta_{ki} E_{ok}^{s-1} + \delta_{ki} \Delta E_{ok}^s\} \\ &\quad + [\Delta D_i^s] \{\Delta E_{ij}^{s-1} + \Delta E_{ij}^s\} \\ &\quad + [\Delta D_i^p] \{E_{ij}^{s-1} + \Delta E_{ij}^s\} + [\Delta D_i^p] \{\Delta E_{ij}^s\} \quad (2) - 2 \end{aligned}$$

【0015】ヒフの部分の増分型剛性方程式は、次の * 【0016】
(3) 式で与えられる。 * 【数3】

$$[K'] \begin{Bmatrix} \Delta \bar{u}^s \\ \Delta h^s \end{Bmatrix} = \{\Delta P^s\} + \{R^s\} \quad (3)$$

ここに

$$[K'] = \int_v \begin{bmatrix} \hat{B}^T B^T & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_{ss} D_{ss} \\ D_{ss} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{B} \hat{B} & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} dv + \int_v \begin{bmatrix} \hat{B}^T S_{ik} \hat{B} & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} dv$$

$$\{\Delta P^s\} = \int_s [N]^T \{\Delta T_{oi}^s\} ds + \int_v [N]^T \{\Delta F_{oi}^s\} dv$$

式(3)から得られるヒフの増分節点変位 $\Delta \bar{u}^s$ を式(2)-1に用いるとヒフの増分ひずみが求まり、この結果を次の式(4)に用いると、ヒフの増分応力が求められる。

$$\{\Delta S_{ij}^s\} = [D_{ss}] \cdot \{\Delta E_{ij}^s\} + [D_{ss}] \Delta h^s \quad (4)$$

【0017】筋-ヒフ連成系の有限要素解析は式(1)と式(3)で与えられる筋とヒフそれぞれの全体系の増分型有限要素方程式を連成させて解く事により筋とヒフそれぞれの、各節点の増分変位が求められ、これより筋とヒフそれぞれの増分ひずみや増分応力が求められる。なお、解析モデルの全体剛性マトリックスは、筋要素とスキン要素の成分が重なるところは共通節点に関する要素剛性マトリックスを組み立てるようにする。筋の物性値としては“岩本剛他、計算工学講演論文集、3-1、p259-262”の方法により求めた図5に示す値を使用することができる。ヒフの物性値としては、“藤村朋宏他、計算工学講演論文集、3-1、p287-290”の方法により求めた図6に示す値を使用することが※50

※できる。(2)式中の β は筋活性率または収縮率であり、積分筋電位(EMG)と一定の関係がある(岩本剛他、計算工学講演論文集、3-1、p259-262)。そこで、“喜”、“怒”などの表情をつくったときの各筋の積分EMGを測定し、別途測定した積分EMGと収縮率との関係により収縮率に変換することにより、或る表情をつくったときの各筋の収縮率 β の時系列データが得られる。これをHYEL-MUSCLEシステムに入力することにより、“喜”、“怒”などの表情変化をFEMモデルで再現することができる。或は前出の代表点データを用いてこれを代りに用いる事もできる。

【0018】図7は図8に示す“喜”の表情変化を再現するために眼輪筋と大頬骨筋に β 値を与えたときの計算

結果を示す。図9は図10に示す“怒”の表情変化を再現するために鼻根筋と皺眉筋に β 値を与えたときの計算結果を示す。

【0019】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、任意のモデルの顔の表情変形過程を人工視覚装置から取込んだ代表点データの入力により有限要素法のはん雑な手続を経ることなくほぼ自動的に個人別の表情を解析することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】眼の周囲の各種筋肉を示す図である。

【図2】代表点を説明する図である。

【図3】個人別FEMモデルの一例を示す図である。

【図4】FEMモデルにおける各筋肉の領域を太線で示す図である。

【図5】筋の物性値の一例を示す図である。

【図6】ヒフの物性値の一例を示す図である。

【図7】“喜”の表情を再現するFEMモデルの計算結果を示す図である。

【図8】“喜”の表情の例を示す写真である。

【図9】“怒”の表情を再現するFEMモデルの計算結果を示す図である。

【図10】“怒”の表情の例を示す写真である。

【符号の説明】

10…眼輪筋

12…前頭筋

14…皺眉筋

15…鼻根筋

10 16…上唇鼻翼挙筋

18…上唇挙筋

20…口角挙筋

22…小頬骨筋

24…大頬骨筋

31, 34, 42, 43…シミュレーション領域を決める代表点

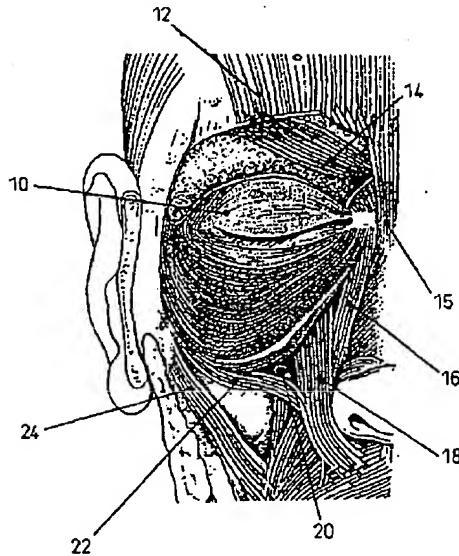
35, 36, 37, 38…右眼位置を決める代表点

32, 33…鼻根筋付着位置を決める代表点

39, 40, 41…皺眉筋付着位置を決める代表点

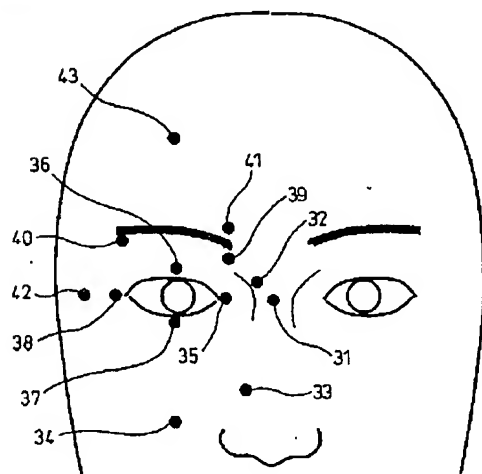
【図1】

図1



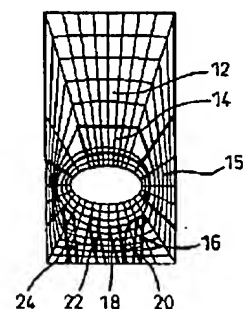
【図2】

図2



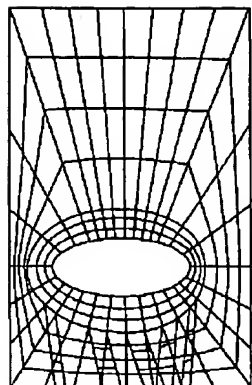
【図4】

図4



【図3】

図3



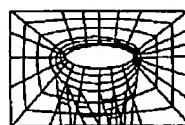
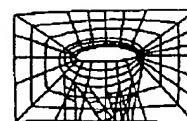
【図5】

図5

Active	c_1	c_2	c_3	μ_1	μ_2	S_{max}^0
	1.04	5.82	0.894	0.689	1.45	48.6
Passive	ψ_1	ψ_2	ψ_3	ψ_4	C_m	
	87.0	3.30	1.88	5.78	0.808	

【図7】

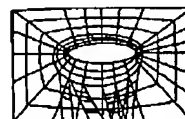
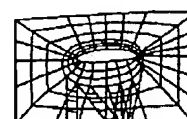
図7

 $\beta = 0.00$  $\beta = 0.13$

【図6】

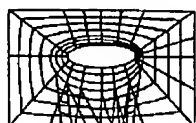
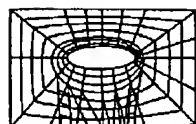
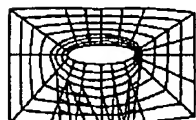
図6

i	1	2	3	4
α_i	3.66	2.10	0.054	4.85
μ_i	22.1	16.11	36.66	1.25
c_i	4.69×10^{-2}	9.54×10^{-2}	2.10×10^{-2}	6.15×10^{-2}

 $\beta = 0.05$  $\beta = 0.16$

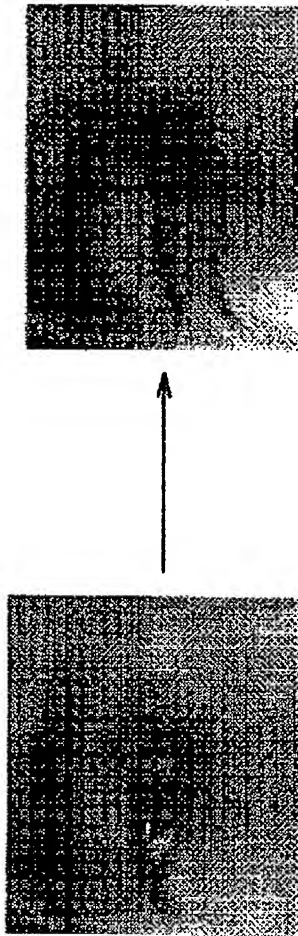
【図9】

図9

 $\beta = 0.00$  $\beta = 0.15$  $\beta = 0.06$  $\beta = 0.21$  $\beta = 0.11$  $\beta = 0.25$

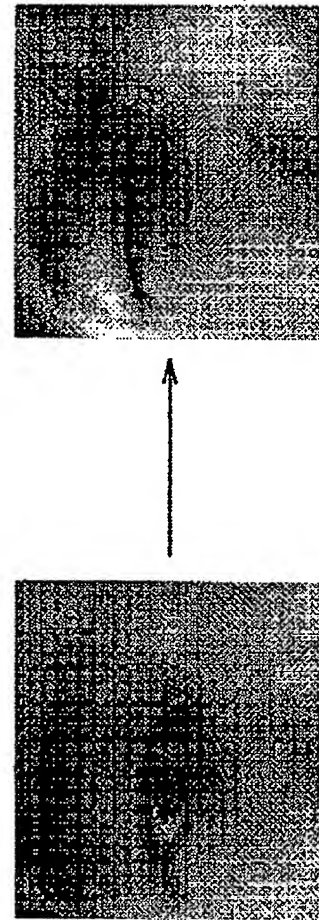
【図8】

図 8



【図10】

図 10



フロントページの続き

(72)発明者 藤村 朋宏
 広島県東広島市鏡山一丁目四番一号 広島
 大学工学部内

(72)発明者 戸崎 暢行
 広島県東広島市鏡山一丁目四番一号 広島
 大学工学部内

(72)発明者 金子 治
 東京都品川区西五反田3-9-1 株式会
 社資生堂ビューティーサイエンス研究所内

BEST AVAILABLE COPY